

# Asservissement à vitesse Position



- Sur le système AxNum R 150
- Dans le domaine linéaire numérique

Niveau :	CITE 2011
Conditionne	5
Supérieur long	7



Partie opérative  
Réf : ERD 150 000

### Logiciels sur PC :

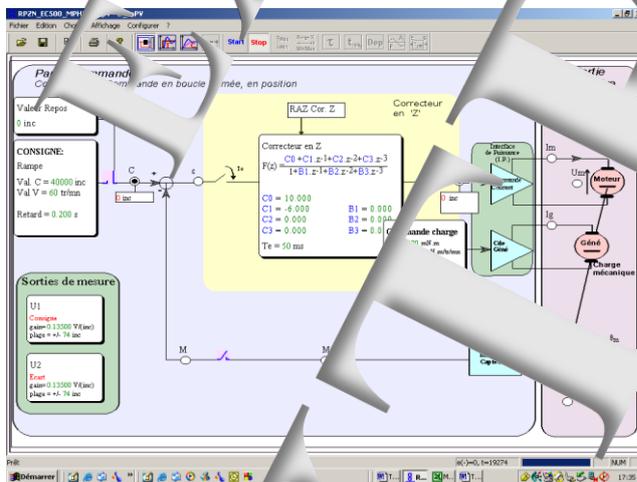
Contrôle et commande :  
Réf : ERD 150 100

D\_AxNum

### Options :

Prototypage rapide :  
Réf : ERD 150 800

Simulateur Scilab-XCos  
Compilateur « C »



### Manuels de travaux pratiques :

#### Sujets et comptes rendus

#### De niveau CITE III (Bac)

ERD 150 030 Manuel Sujets (5 sujets 74 pages)  
 ERD 150 020 Manuels Comptes rendus (44 pages)

#### De niveau CITE V (STS; IUT; Ingénieur)

ERD 150 050 Manuel Sujets (9 sujets 80 pages)  
 ERD 150 040-1 Tome 1 Manuel Comptes rendus  
 ERD 150 040-2 Tome 2 Manuel Comptes rendus

#### De niveau CITE VII (Domaine numérique)

ERD 150 070 Manuels Sujets (6 sujets 98 pages)  
 ERD 150 060 Manuels Comptes rendus (86 pages)  
 Dossier de synthèse « Systèmes numériques »



## Sujets

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

SOMMAIRE:

Référence	Thème	Page
	<i>Série de TPs avec commande du moteur en courant</i>	
TP3-1_AxNum_Cde-I_BOIN_Sujet	Identification en Boucle Ouverte n°1 Numérique	5
TP3-2_AxNum_Cde-I_RPP_Sujet	Régulation de Position avec correction numérique Proportionnelle	11
TP3-3_AxNum_Cde-I_RPZN_Sujet	Régulation de Position avec correction numérique Proportionnelle + Zéro Numérique	19
TP3-4_AxNum_Cde-I_RPP&7N_Sujet	Régulation de Position avec correction numérique Proportionnelle + Pôle et Zéro Numérique	27
	<i>Série de TPs avec commande du moteur en tension</i>	
TP3-5_AxNum_Cde-I_RPZN_Sujet	Identification en Boucle Ouverte n°2 en Numérique	37
TP3-6_AxNum_Cde-U_RPP_Sujet	Régulation de Position avec correction numérique Proportionnelle	43
TP3-7_AxNum_Cde-U_RPZN_Sujet	Régulation de Position avec correction numérique Proportionnelle + Zéro Numérique	51
	<i>Série de TPs sur le prototype Rapide</i>	
TP3-8_AxNum_Cde-I_PR_Sujet	Prototypage rapide avec moteur alimenté en I Simulation par « Scilab-XCos » Synthèse et comparaison par « D_Scil »	65
TP3-9_AxNum_Cde-U_PR_Sujet	Prototypage rapide avec moteur alimenté en U Simulation par « Scilab-XCos » Synthèse et comparaison par « D_Scil »	77
	"Bibliographie et Ressources"	87

Remarque:

Il existe 2 versions de système AxNum

- version 1, équipé d'un moteur SMH, livré à partir de 2007.
- version avant 2007 équipé d'un moteur Maxon.

Version	Marque moteur	Coeff Réducteur	Tension nominale (V)	Constante de couple (Nm/A)	R induit ( $\Omega$ )	L d'induit (mHy)	Vitesse à vide (tr/min)
avant 2007	Maxon	3,2	18	0,021	9,96	1,03	8010
à partir de 2007	SMH	39	24	0,043	2,97	3,77	5400

Page laissée vierge volontairement

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

Type document:	Sujet de travaux pratiques
Thème :	Regulation de Position et Correction par Commande Numérique (Echantillon) Moteur commandé en tension
Configuration du système :	Maquette "AxNum-ERD150" + Logiciel
Référence :	TP3-7-RPZN
Nom de fichier :	TP3-7_AxNum_Cde-U_RPZN_Sujet.doc

Sommaire:

1.	.....	2
2.	<b>Hypothèses et notation</b> .....	2
3.	<b>Prédéterminations</b> .....	2
4.	<b>Expérimentations et observations</b> .....	3
4.1.	Vérification fonctionnelle du correcteur en boucle ouverte .....	4
4.2.	Etude en boucle fermée en régime permanent .....	6
4.3.	Etude en boucle fermée en régime dynamique .....	6
4.3.1.	Réponse à un échelon constant .....	6
4.3.2.	Réponse à un échelon de vitesse (rampe).....	7
5.	<b>Annexes</b> .....	8

# 1. BUT

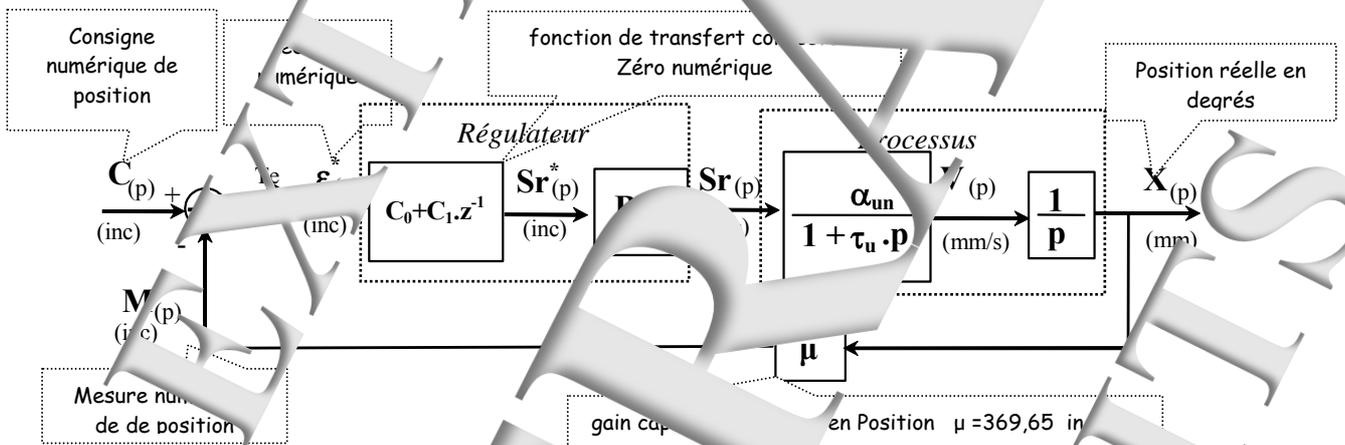
Il s'agit de mettre en oeuvre le système AxNum (Réf: ERD150), avec l'interface de puissance de type "commande en tension", en mode "Poussée", en position, avec une correction de type "zéro numérique" dans le domaine échantillonné.

Ce TP permet également de vérifier expérimentalement un certain nombre de notions concernant les asservissements linéaires échantillonnés.

- calcul de la fonction de transfert en boucle ouverte,
- influence d'un "zéro numérique" sur le comportement d'un asservissement en position,
- influence des coefficients réglables.

# 2. HYPOTHESES ET NOTATION

D'après les résultats du TP "TP3-5\_AxNum\_Cde-U\_BO2N" et des hypothèses formulées, on peut mettre le schéma bloc du système sous la forme ci dessous.



# 3. PREDETERMINATIONS

**P1.** Exprimer la relation de calcul (relation de calcul) qui lie les échantillons de la sortie régulateur  $S_r$  aux échantillons de la consigne  $C$ .  
 Partant d'un état où  $S_r = 0$ , déterminer, pour  $C_0 = 1$  et  $C_1 = -1,5$  les différents échantillons de  $S_r$  suite à une excitation en rampe de valeur  $V = 200$  inc/s au niveau de  $\varepsilon$  (système configuré avec interrupteur dans chaîne de retour ouverte).

Faire une analogie avec un correcteur type PD (Proportionnel + Dérivée) dans le domaine 'continu' dont la fonction de transfert aurait été mise sous la forme  $K(1 + T_d.p)$ .  
 Dans les pré-déterminations et en expérimentations on choisira  $T_e = 0,05$  S

**P2.** Mise sous forme de schéma bloc.  
 D'après les résultats obtenus dans les pré-déterminations du TP "TP3-5\_AxNum\_Cde-U\_BON", proposer un schéma bloc du système en boucle fermée, dans le domaine échantillonné (en "z").

**P3. Réglage 1: Valeur du zéro imposé** → on choisit  $C_0 = C_{0c}$  et  $C_1 = -0,5$ .  $C_{0c}$

- Exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte.
  - Exprimer les fonctions de transfert en boucle fermée.
  - Pré-déterminer la réponse à un échelon constant.
- Déterminer la relation de récurrence qui lie les échantillons de mesure aux échantillons de consigne.

Calculer les 20 premiers échantillons de mesure pour un échelon de consigne que le régulateur reste dans sa bande proportionnelle.  
 En déduire le dépassement absolu, puis relatif et le temps de réponse à 5%. Donner les limites de validité de ces résultats.

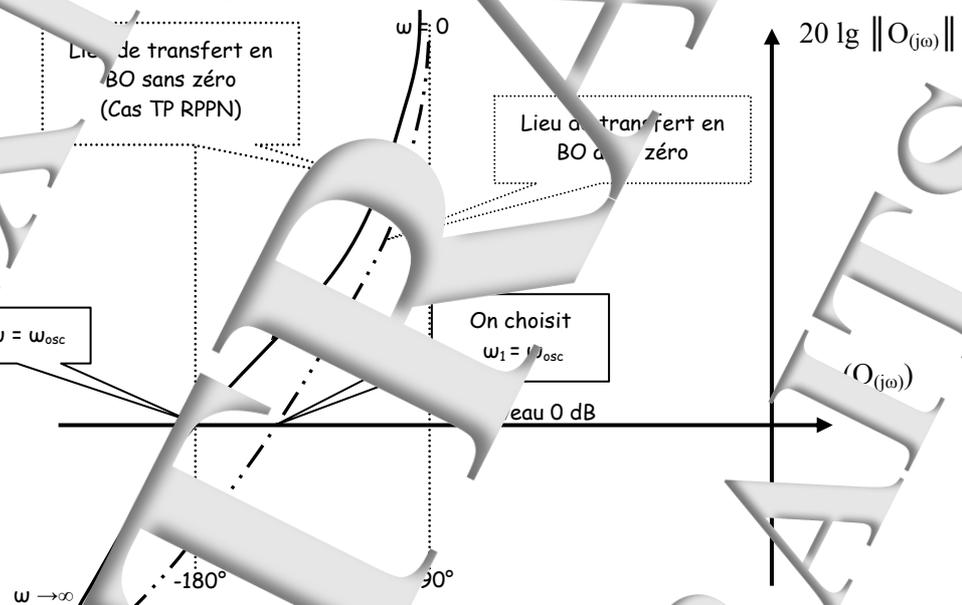
d- Pour ce réglage, exprimer l'erreur de réglage suite à une excitation en rampe de pente notée V (exprimée en inc/s). Faire l'application numérique pour V = 0.1 inc/s.

**P4. Réglage 2: Satisfaire un marge de stabilité imposée**

- Exprimer la contribution en module et en argument (dans le domaine harmonique) du zéro numérique mis sous la forme  $(1 + z^{-1})$ . Exprimer ce module et cet argument si on fait le changement de variable  $\omega_1 = \omega n$  (angle réduit en degrés).
- De quel type de correction s'agit-il?

On reproduit en annexe " des abaques qui donnent le module et l'argument en fonction de  $\omega_1$  et du paramètre le coefficient de la correction.

- A partir de la fréquence de la juste instabilité faite dans le TP "TP3-6) AxNum\_Cde-U\_RPPN", déterminer les valeurs des coefficients  $C_0$  et  $C_1$  si on souhaite que le zéro numérique crée une marge de phase d'abord de 30°. On fera une résolution algébrique.



## 4. EXPERIMENTATIONS ET EXPLOITATIONS

Configuration du système valable pour toutes les expérimentations:

- Choisir le mode de commande "En boucle fermée", pour cela "cliquer" sur les menus successifs:



- Choisir l'interface de puissance "Commande tension" pour cela "cliquer" sur les menus successifs:



- Choisir l'unité de Sr: en "inc" pour cela "cliquer" sur les menus successifs:



- Choisir l'unité de C, M et s: en incrément numérique (inc) pour cela "cliquer" sur les menus successifs:



- Choisir le mode d'échantillonnage du régulateur (intervalle de temps entre deux calculs)



Configurer la compensation du frottement soe intrinsèque.

Configurer → Partie opérative → Affichage → Démarrage =  $0,9 * Sr_0$  en Volt (valeur déterminée en TP3-5\_Cde-U\_BO2)

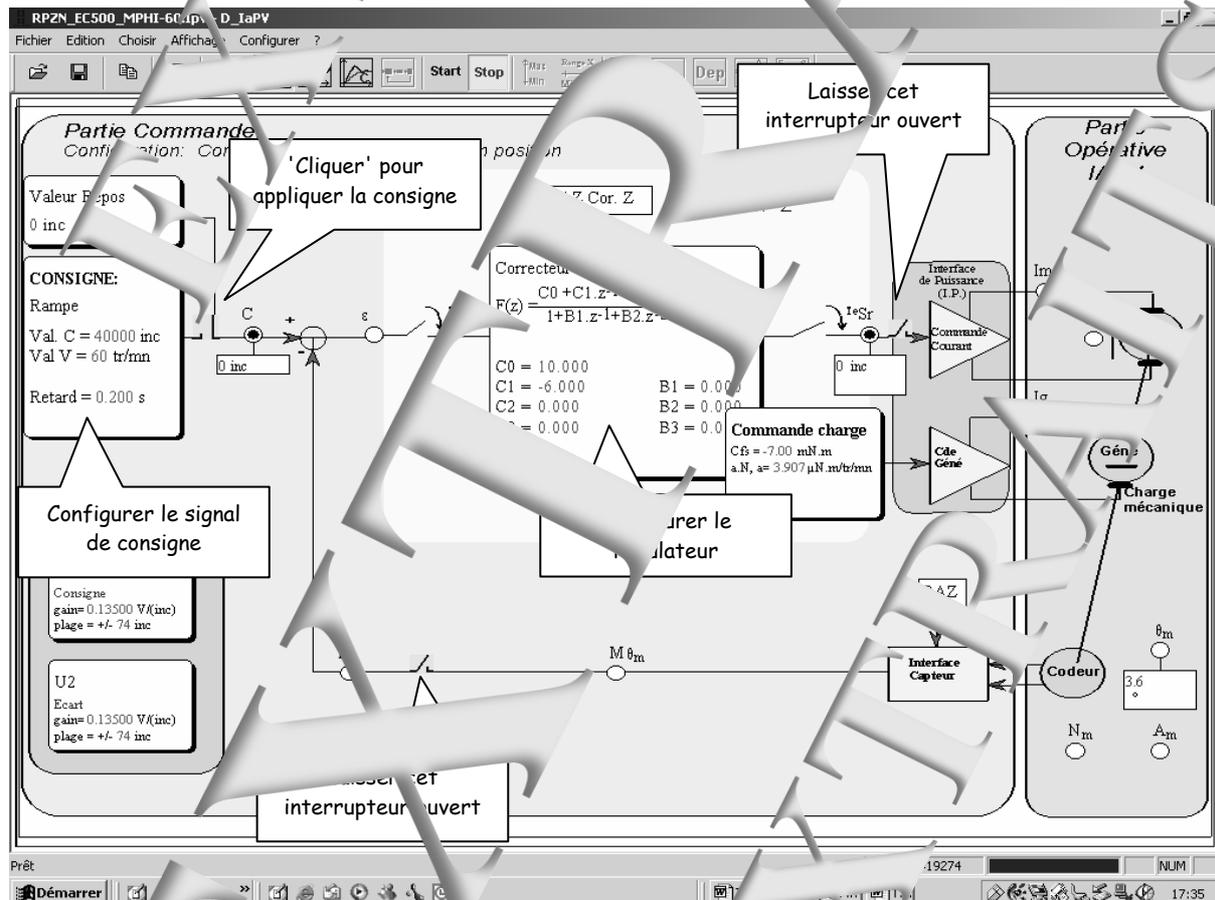
## 4.1. Vérification fonctionnement correcteur en boucle ouverte

E1. Vérifier le comportement du système transitoire (Réponse à un échelon constant)

Compléter la configuration

- Configurer le correcteur pour vérifier les prédéterminations P1.:
  - donner les bonnes valeurs aux deux coefficients non nuls ( $C_0 = 2$  et  $C_1 = 0,1$ )
- Choisir une "valeur de repos" nulle en cliquant sur le bloc correspondant.
- Sélectionner les points de réglage  $Sr$  et  $C$  (par "clic" dessus).
- Choisir une commande de type "Vitesse" en cliquant sur le bloc "Consigne:" puis sur le bouton  puis affecter une "Valeur V" égale à 40000 inc puis une "Valeur V" égale à 60 (0 inc/s) et enfin un "Retard" égal à 0,200 s.

Ecran synoptique obtenu



- Appliquer la consigne en cliquant sur l'interrupteur.
- Visualiser les courbes de réponses obtenues en cliquant sur le bouton .
- Positionner les curseurs pour vérifier les différents résultats calculés (Valeurs des paliers aux instants d'échantillonnage multiples de 0,05S)

- Mettre votre nom et groupe de TP dans la zone commentaire.
- Faire une copie d'écran pour placer l'image dans votre compte rendu.

### Comparer les valeurs relevées aux déterminations.

#### E2. Vérifier le comportement en régime harmonique (Création de la commande)

##### Changer la configuration

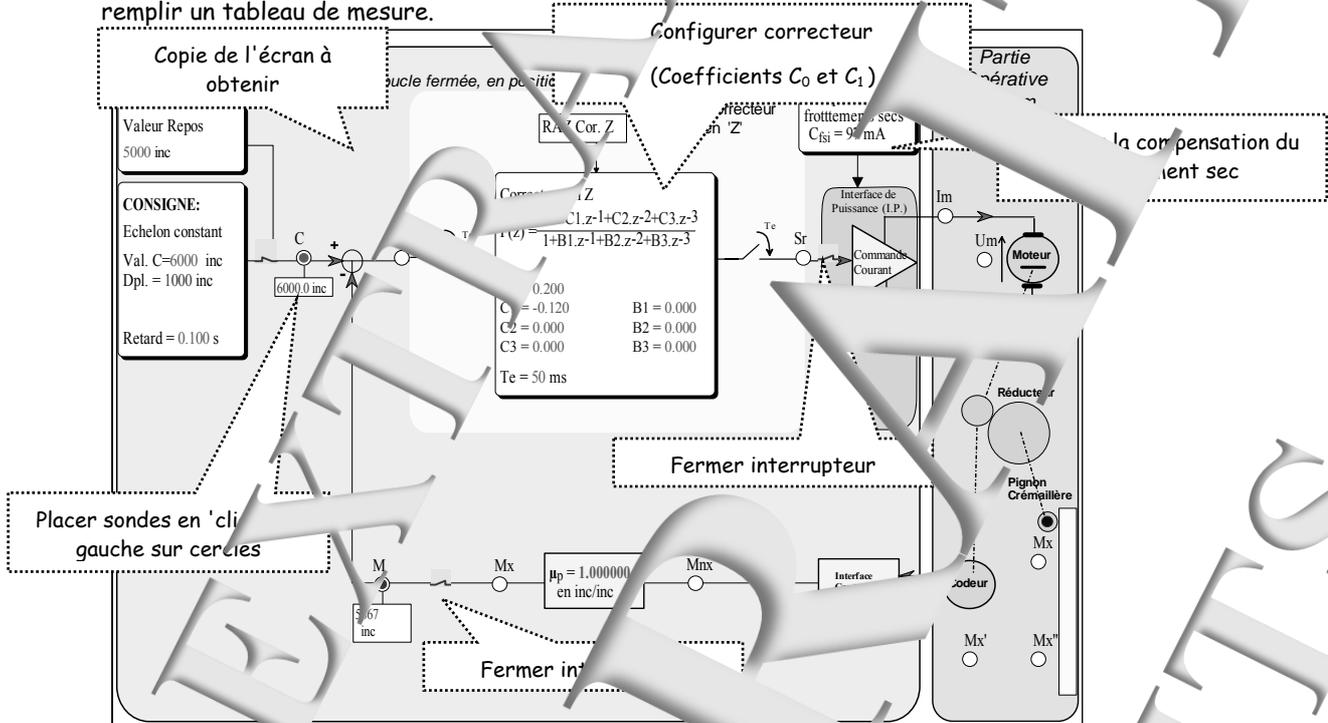
- Configurer le correcteur:
  - donner les bonnes valeurs aux deux coefficients  $C_0$  et  $C_1$  (Déterminés pour créer  $M\phi=45^\circ$ )
- Choisir une commande "sinusoïdal" en "cliquant" sur le bloc "Consigne:" puis sur le bouton  puis affecter une "Valeur C" égale à 500 inc par "amplitude" égale à 200 inc puis une période égale à  $T_{osc}$  (période des oscillations obtenue lors de la recherche de la juste instabilité dans  $T_{FS\_PN}$ ) et enfin un "Retard" égal à 0S.
- Appliquer la commande en 'cliquant' sur l'interrupteur.
- Visualiser les courbes de réponses obtenues en cliquant sur le bouton .
- Positionner les sondes pour vérifier les différents paramètres et valeurs max des deux signaux  $sr$  et  $cs$ .
- Mettre votre nom et groupe de TP dans la zone commentaire.
- Faire une copie d'écran pour placer l'image dans votre compte rendu.

#### Déterminer le rapport des amplitudes, le déphasage et comparer les résultats aux valeurs lues sur les abaques.

## 4.2. Etude en boucle fermée en régime statique

**E3. Relevé des caractéristiques transfert statiques:  $X = fn(C)$  et  $M = fn(C)$**

- Choisir une "valeur de repos" en "Cliquant" sur le bouton correspondant
- Configurer le correcteur: → donner les bonnes valeurs aux deux coefficients  $C_0$  et  $C_1$ , (valeurs choisies pour le "réglage 1").
- Positionner des sondes (par "clic gauche" sur les points  $C$ ,  $M$ ,  $\varepsilon$  et  $Mx$ )
- Faire des mesures pour des valeurs de repos allant de 5000 inc à +84000 inc par pas de 1000 inc et remplir un tableau de mesure.



**E4. Tracer les caractéristiques transfert statiques en boucle fermée  $M = fn(C)$  et  $X = fn(C)$**   
 En déduire les coefficients de transfert statiques en boucle fermée (coefficients et  $K_F$ ,  $K_{F0}$ ).

## 4.3. Etude en boucle fermée en régime dynamique

### 4.3.1. Réponse à un échelon constant

**E5. Après configuration du système, relever l'évolution au cours du temps de la mesure position  $M = fn(t)$  suite à une excitation en échelon constant.**

Enregistrer le résultat dans fichier sur disque dur.

*Mode opératoire:*

- Conserver la configuration précédemment effectuée
- Choisir une grande valeur de repos
- Choisir une commande de type "Echelon constant" en "clic gauche" sur le bouton  puis affecter une "valeur C" égale à 6000 inc (soit un déplacement de 1000 inc = 3,18mm) et un "Retard" égal à 0,2S.
- Sélectionner les points d'enregistrement  $C$  et  $M$  en "clic gauche"
- Appliquer la commande en "clic gauche" sur le commutateur 
- Visualiser les courbes de la réponse obtenues en "clic gauche" sur le bouton 
- Ajuster éventuellement les échelles afin d'obtenir des allures satisfaisantes (bouton Min/Max et Zoom x)
- Enregistrer les résultats de l'essai, "clic gauche" :  

**Relever le temps de réponse à 5%.**

Dans plan "courbes de réponse" "cliquer" sur bouton  et suivre les instructions.

**Relever le dépassement absolu relatif et l'instant où a lieu cet excès**

Dans plan "courbes de réponse" "cliquer" sur bouton  et suivre les instructions.

Dans zone "commentaire" inscrire votre nom et votre groupe de TP :

→ soit une impression ,

- Dans plan "courbes de réponse" "cliquer"

Fichier

Imprimer

→ soit une copie d'écran afin de l'insérer dans un document (compte rendu)

- Dans plan "courbes de réponse" "cliquer"

Edition

Copier

Ensuite sous "WORD" par exemple, "cliquer"

Edition

Coller

**E6. Refaire le même essai mais pour le réglage 2.1 puis pour le réglage 2.2****E7. Comparer les réponses obtenues pour les différents essais**

Dans plan "synoptique" "cliquer" sur bouton  et charger les fichiers.

- Choisir de comparer les évolutions de la position

Choisir

Comparaison de courbes...

- Charger les différents essais

Fichier

Ouvrir

**4. Réponse à un échelon de vitesse (rampe)****E8. Relever de l'évolution au cours du temps de la mesure image de la position  $M = f(t)$  suite à une excitation en échelon de vitesse.**

Mettre en évidence l'existence de trajectoire

Enregistrer le résultat de l'essai sur disque dur.

Méthode opératoire:

- Conserver la configuration précédente du système avec le réglage n°1

- Choisir une grandeur de repos égal à 0 inc

- Choisir une commande de vitesse "Rampe" en "cliquant" sur bouton  dans bloc "Commande" puis affecter une "valeur C" égale à 100 inc et une "valeur V" égale à 1000 inc/s et un "temps d" égal à 0,25.

- Sélectionner les points d'enregistrement en "cliquant" dessus.

- Faire une sauvegarde de l'essai pour une comparaison ultérieure avec les autres essais

Fichier

Enregistrer

→ Placer des points pour vérifier la pente de la rampe et la valeur de l'écart en régime final.

→ Comparer les valeurs obtenues avec les valeurs prédéterminées.

→ Dans zone "commentaire" inscrire votre nom et votre groupe de TP puis faire:

soit une impression

soit une copie d'écran afin de l'insérer dans un document (compte rendu)

**E8. Refaire le même essai mais pour les réglages 2.1 et faire une comparaison des différentes réponses avec celle obtenue avec un commandement simplement proportionnel.**

Dans plan "synoptique" "cliquer" sur bouton  et charger les différents fichiers.

- Choisir de comparer les évolutions de l'écart

Choisir

Comparaison de courbes...

- Charger les différents essais

Fichier

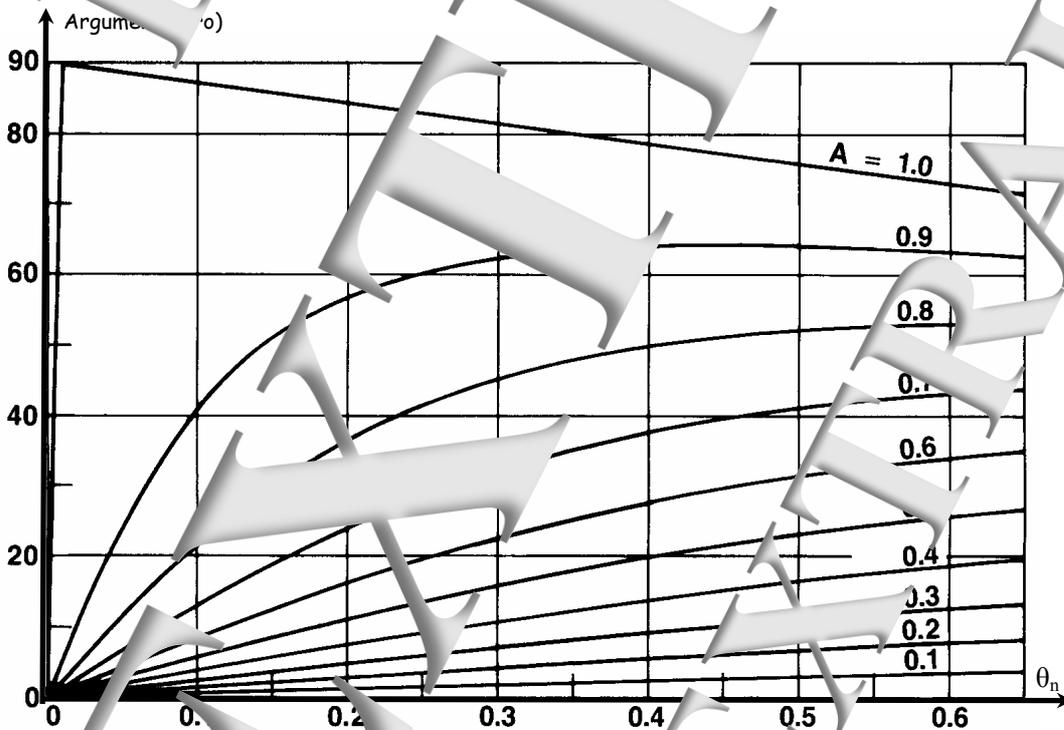
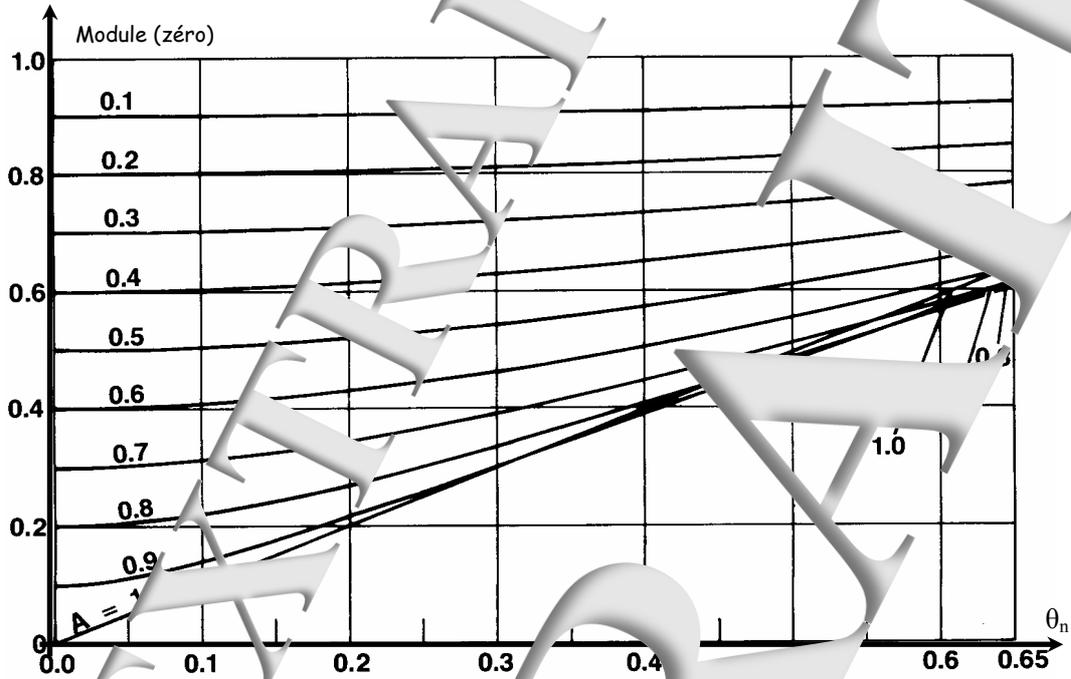
Ouvrir

## 5. ANNEXES

### Module et argument "Zéro" numérique en régime harmonique

Module et argument d'un zéro numérique en régime harmonique

$$(1-A.z^{-1}) \rightarrow (1-A.e^{-Tep}) \rightarrow (1-A.e^{j\omega T_e}) \rightarrow (1-A.e^{-j\theta_n})$$



Type document:	<b>Sujet de travaux pratiques</b>
Thème :	<b>Projet page Rapide (le domaine Numérique) Moteur alimenté en courant</b>
Configuration du système :	Maquette "AxNum" ; Moteur alimenté en <b>courant</b>  + Logiciels : D_AxNum, D_Scil, Xcos
Référence :	TP3-9-PR
Nom de fichier:	TP3-9_AxNum_Courant_LPRN_Sujet

## Sommaire:

<b>1. IDENTIFICATION EN BOUCLE OUVERTE - MODELISATION</b>	<b>2</b>
1.1 EXPERIMENTATIONS SOUS « D-AXNUM »	2
1.2 EXPLOITATION DE LA MODELISATION	3
1.3 SIMULATION DU MODELE PAR « SCILAB-XCOS » ; COMPARAISON PAR « D_AXNUM »	3
<b>2. ETUDE EN BOUCLE FERMEE EN MODE VITESSE</b>	<b>6</b>
2.1 EXPERIMENTATIONS SOUS « D_AXNUM »	7
2.2 SIMULATION PAR « SCILAB-XCOS » ; SYNTHESE ET COMPARAISON PAR « D_SCIL »	8
☞ REPONSE A UN ECHELON CONSTANT	8
☞ COMPORTEMENT EN REGIME SINUSOÏDAL	9
<b>3. ETUDE EN BOUCLE FERMEE EN MODE POSITION</b>	<b>10</b>
3.1 EXPERIMENTATIONS SOUS « D_AXNUM »	10
3.2 SIMULATION PAR « SCILAB-XCOS » ; SYNTHESE ET COMPARAISON PAR « D_SCIL »	11
☞ REPONSE A UN ECHELON CONSTANT	11
☞ COMPORTEMENT EN REGIME SINUSOÏDAL	12
☞ COMPORTEMENT EN RAMPE	12

**Objectifs :**

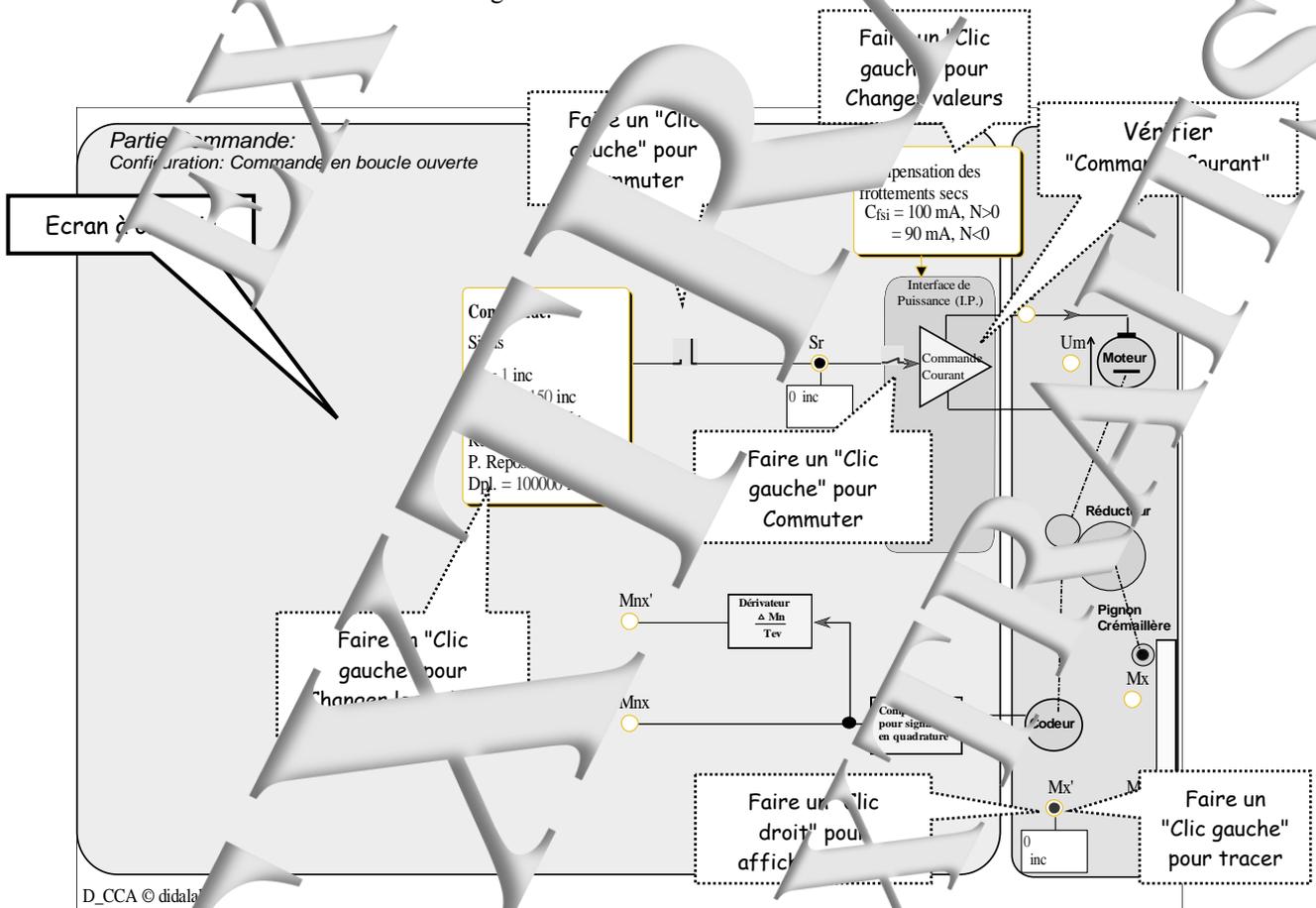
Le but du TP est de faire la synthèse du système « AxNum » (ref : ERD150) avec l'aide de l'outil de simulation « Scilab-Xcos ». Les résultats de simulation seront confrontés au comportement du processus réel qui sera expérimenté grâce au logiciel de contrôle commande d'applications «D\_CCA» développé par «Didalab» et appelé dans le cas «D\_AxNum». C'est le logiciel «D\_Scil», développé par «Didalab», qui réalise l'interface entre la simulation et l'expérimentation du processus.

**1. IDENTIFICATION EN BOUCLE OUVERTE - MODELISATION**

**1.1 Expérimentations sous « D-Axnum »**

**Configuration:**

- Lancer le logiciel en 'cliquant' sur l'icone 
- Configurer le système en boucle ouverte:
  - Choisir → Mode commande → Boucle Ouverte
- Configurer l'interface de puissance en "Commande Courant":
  - Choisir → Interface de puissance → Commande Courant
- Configurer la compensation des traitements secs intrinsèque:
  - Déterminer les courants de démarrage; pour  $Vit > 0$  et pour  $Vit < 0$  puis introduire les valeurs obtenues
  - Configurer → Partie opérative → Affecter  $I_{Démarrage} = 100\text{ mA}$
- Choisir les unités
  - Choisir → Unités position : inc → Vitesse : inc → Accélération : inc
  - Consigne/Mesure/Ecart : inc
  - Sortie régulateur : Unité I.P. inc



**Remarque :**

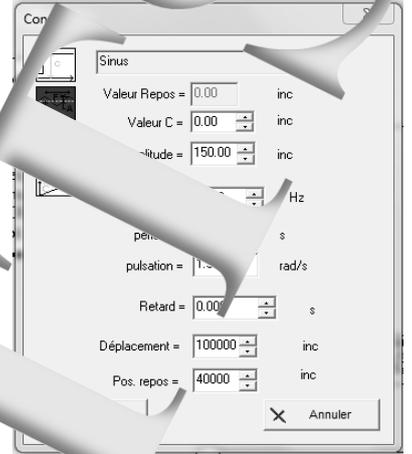
Avant le passage, le chariot doit être de retour dans sa position de repos. Pour ce faire, 'Cliquer' sur le bouton 

**Expérimentations**

On envisage une identification / modélisation par des essais en régime sinusoïdal.

Conditions de l'essai et mode opératoire:

- 'Cliquer' sur la bloc 'Commande'
- Choisir le mode commande "Sinus" puis définir les paramètres :  
 Valeur C = 0 inc la valeur moyenne,  
 Amplitude = 150 inc l'amplitude de la composante sinusoïdal,  
 Pulsation = 1,5 rad/s (devra être recherchée expérimentalement)  
 Position de repos 4000 inc
- Veiller à être en mode **Stop** et que l'interrupteur de liaison avec l'interface de puissance soit fermé.
- Sélectionner les points d'enregistrement Mx' (Mesure vitesse mm/s) et Sr en "Cliquant gauche" dessus.
- Appliquer la commande en "cliquant" sur l'interrupteur
- Tracer la réponse temporelle en "Cliquant" sur le bouton 



- Relever les caractéristiques essentielles en "Cliquant gauche" sur le bouton  puis en positionnant les sondes

**Relevé expérimental n°1**

Rechercher par des essais successifs la pulsation particulière (qui sera notée  $\omega = \omega_{45}$ ) telle que le déphasage  $M_x/S_r$  soit égal à  $-45^\circ$ . On relèvera le rapport des amplitudes qui sera noté  $\alpha_{iN 45}$ .

**Relevé expérimental n°2**

Rechercher par des essais successifs la pulsation particulière (qui sera notée  $\omega = \omega_{90}$ ) telle que le déphasage  $M_x/S_r$  soit égal à  $-90^\circ$ . On relèvera le rapport des amplitudes qui sera noté  $\alpha_{iN 90}$ .

**1.2 Exploitation / modélisation**

Montrer que les essais réalisés permettent de caractériser le système sous une forme du deuxième ordre décomposable :

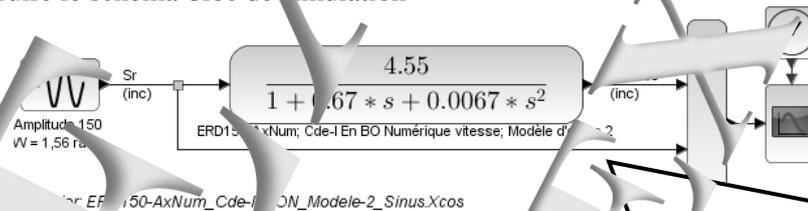
$$T_{(p)} = \frac{M_{x'(p)}}{S_{r(p)}} = \frac{\alpha_{iN}}{(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p)} = \frac{\alpha_{iN}}{\left(1 + \frac{2 \cdot \xi_0}{\omega_0} p + \frac{p^2}{\omega_0^2}\right)}$$

avec la constante de temps  $\tau_1$  que l'on déterminera a priori, dominante.

Remarque : Si on exprime  $M_x'$  en inc/mm on a la relation  $M_x' = M_{Nv} = M_{Nv}$

**1.3 Simulation du modèle par « Scilab-Xcos », comparaison par « D\_Scilab »**

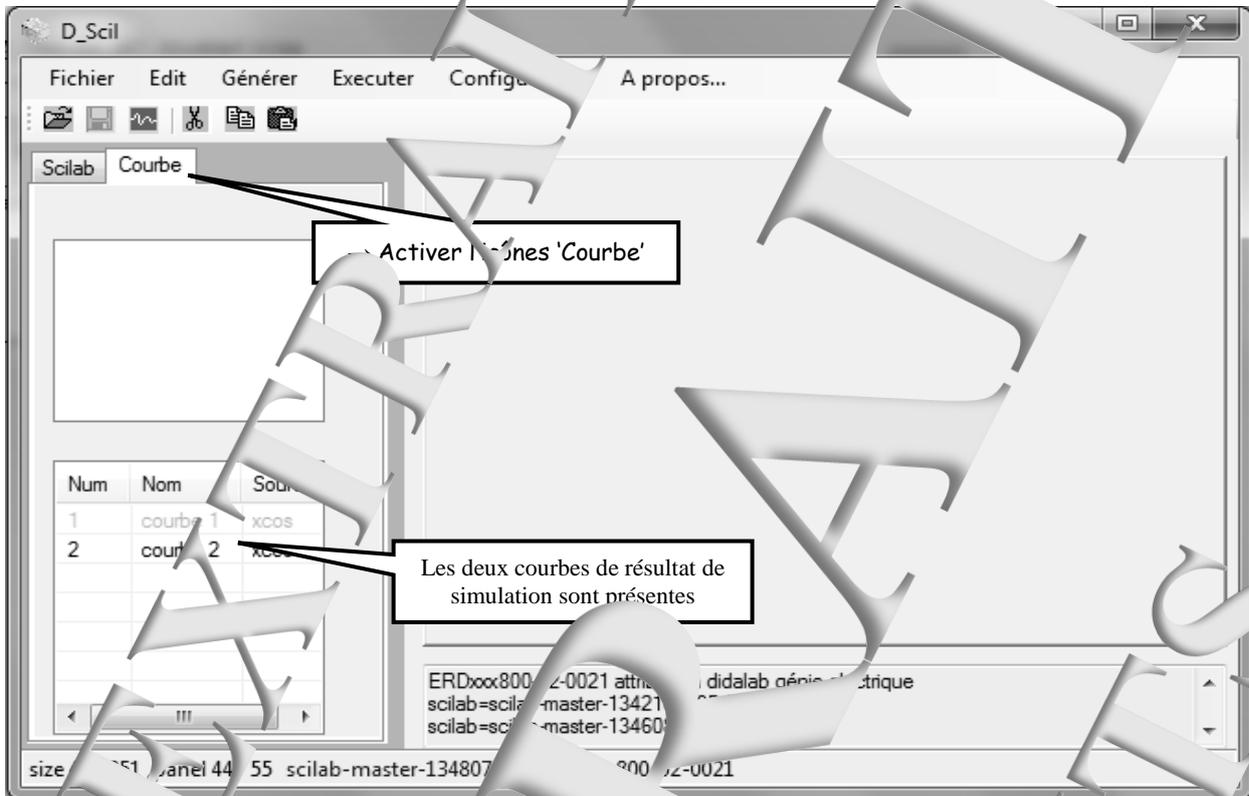
- Lancer le logiciel «Scilab» 
- Lancer l'application «Xcos» par 'Applications' puis 'Xcos' ou en 'cliquant' sur le bouton 
- Construire le schéma-bloc de simulation



Remarque :  
 Il ne faut pas confondre les valeurs numériques obtenues dans ce TP sont propres au système expérimenté. La répétabilité d'un système à l'autre n'est pas garantie, mais on devrait retrouver les mêmes ordres de grandeurs

- Lancer la simulation par '**Simulation**' puis '**Interrompre**' ou en cliquant sur le bouton
- Sans fermer la fenêtre où sont tracées les courbes de réponse, lancer l'essai du processus réel en vue de la comparaison ... par '**Outils**' puis '**D\_Scil courbes**'.

Cette action donne la main au logiciel «D\_Scil» et transfère des courbes de résultat de simulation :

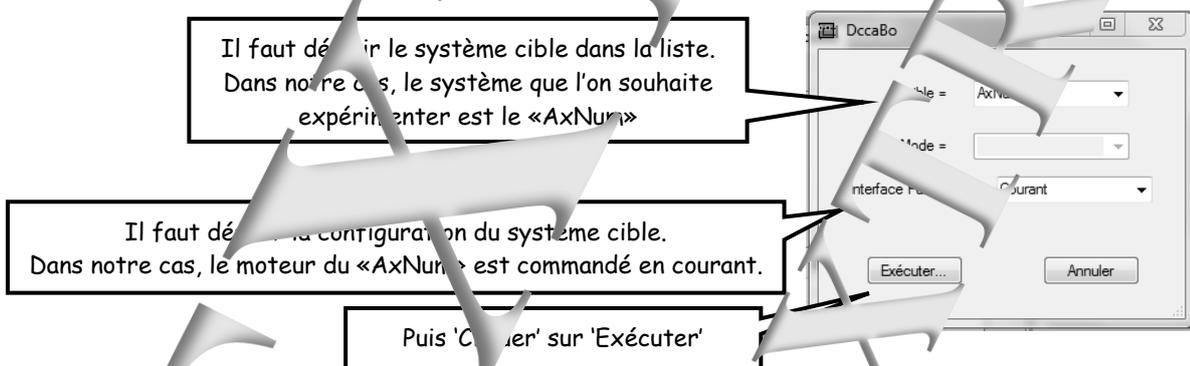


- Lancer l'expérimentation du processus réel en vue de la comparaison des réponses  
 '**Executer**' puis '**D\_CCA Boucle ouverte**'

Remarque :

Dans cette expérimentation du système cible en boucle ouverte, il n'y a pas synthèse de système fonctionnel car il n'y a pas de correcteur à synthétiser. Il s'agit d'une utilisation dégradée du logiciel «D\_Scil».

Cette action ouvre une boîte de dialogue qui permet de définir le processus cible :



Il y a alors téléchargement du logiciel de contrôle commandé dans la cible.

Le système expérimenté étant le système «AxNum ERD150», on se retrouve alors dans l'environnement du logiciel «AxNum» qui intègre «D\_CCA». On procède alors à l'expérimentation et on affiche alors les courbes.

- Procéder dans l'ordre :

5- Visualiser les courbes de réponses

'Cliquant' sur l'objet

1- Il faut définir les paramètres de l'excitation. Ceux-ci doivent être identiques à ceux de la simulation. 'Double Cliquer' sur l'objet pour ouvrir la boîte de dialogue permettant de définir ces paramètres.

3- Fermer l'interrupteur de liaison en 'Cliquant' sur l'objet

4- Il faut lancer l'essai en «cliquant» sur l'objet interrupteur

- Il faut configurer les signaux que l'on désire voir transférer dans «D\_Scil»: ici la mesure numérique de la vitesse et le signal de commande en BO (c'est-à-dire 'Sr') ... «simple clic» sur l'objet.

On obtient donc à l'écran les deux courbes qui on été sélectionnées.

Excitation en échelon constant au niveau de 'Sr'

Le bouton de quitter le logiciel, avec les courbes de réponses du système cible affichées, permet de les récupérer dans «

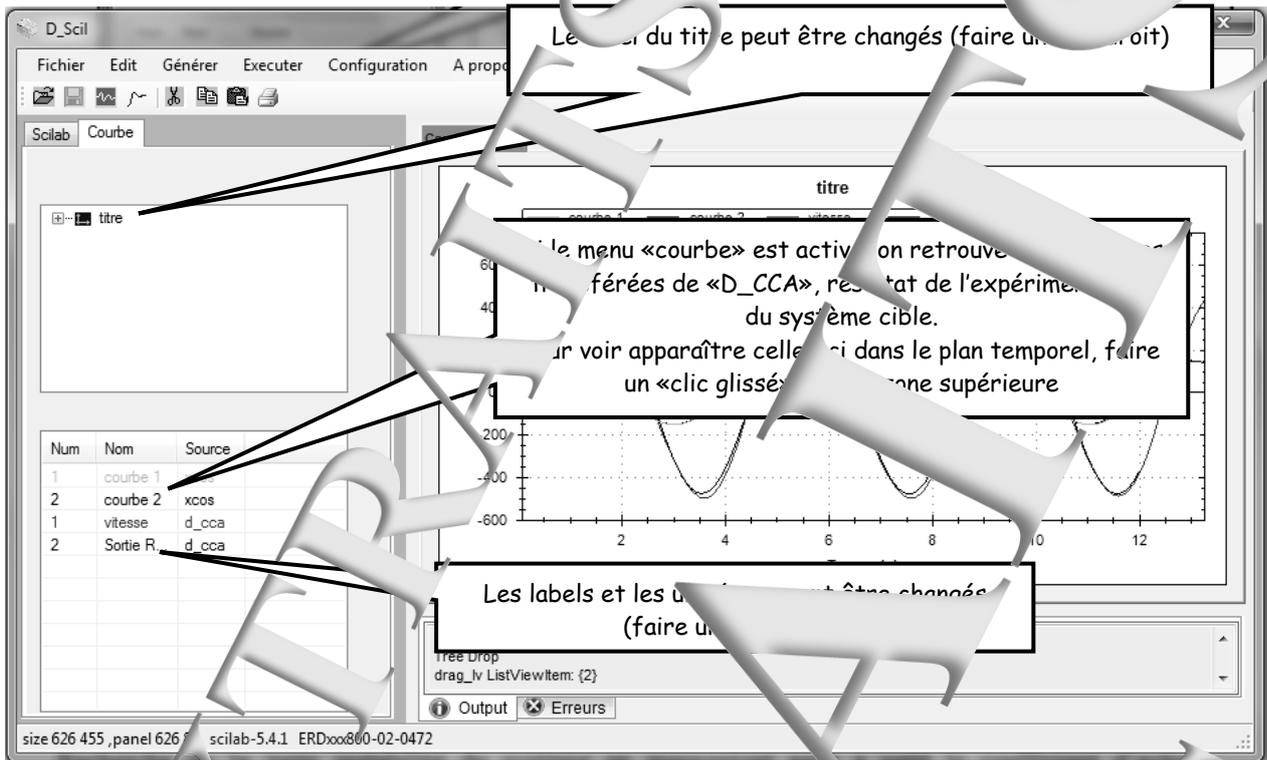
Relevés en régime harmonique	
$T(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$ avec $p =$	
Entrée E =	Sortie S =
Sortie S = vitesse	
Rapport des valeurs moyennes	
$T(0) = -5.43$	$-1.1$ dB
Rapport des amplitudes	
$ T(j\omega)  =$	$10.29$ dB
Déphasage	
$\phi(S/E) = -48^\circ =$	$-0.84$ rad

Courbe de réponse du système cible ... Evolution de la mesure numérique de la vitesse

→ Il est possible de sauvegarder des courbes de réponse dans un fichier de type \*.xml

Faire 'Fichier' puis 'Exporter xml...'

Cette sauvegarde permet d'éviter de refaire l'essai sur le système cible réel dans le cas où le modèle doit être modifié.



- Faire tracer les courbes des résultats de simulation par les «clic-glissés» vers la fenêtre supérieure
- Montrer que la comparaison entre la réponse réelle et le résultat de simulation semble satisfaisante

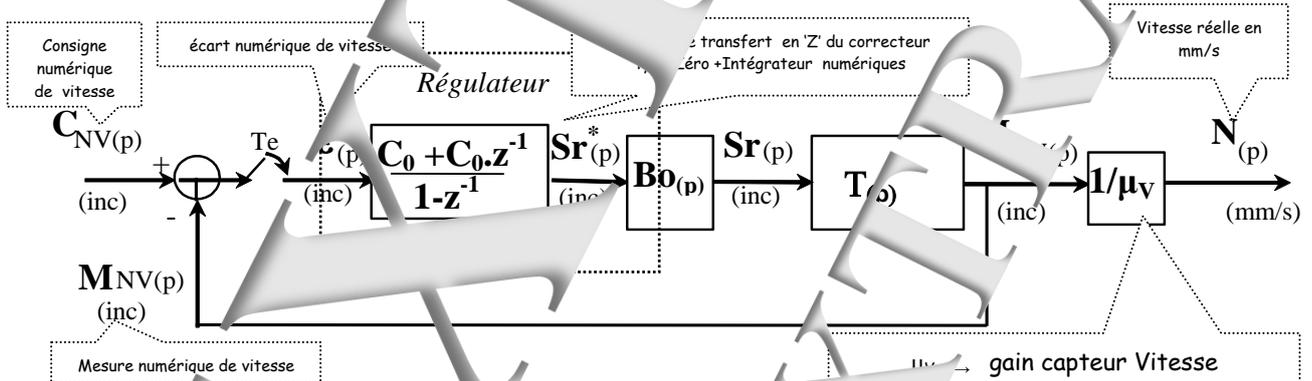
**Remarques :**

- Il faut impérativement quitter «D\_Scil» avant de recommencer à nouveau «Scilab-Xcos».
- Sous D\_Scil, il est possible d'afficher une courbe qui a préalablement enregistré dans le format «CSV» par «Fichier» puis «Imprimer...»

## 2. ETUDE EN BOUCLE FERMÉE EN MODE VITESSE

### Schéma-blocs avec correcteur à Z et Intégrale numériques

Dans ce cas le schéma-blocs du système à contrôler se mettra sous la forme ci-dessous.



**Rappel :**

Le coefficient de transfert du capteur de vitesse dépend du nombre de fente du codeur incrémental et de la période de calcul numérique de cette vitesse «T<sub>EV</sub>».

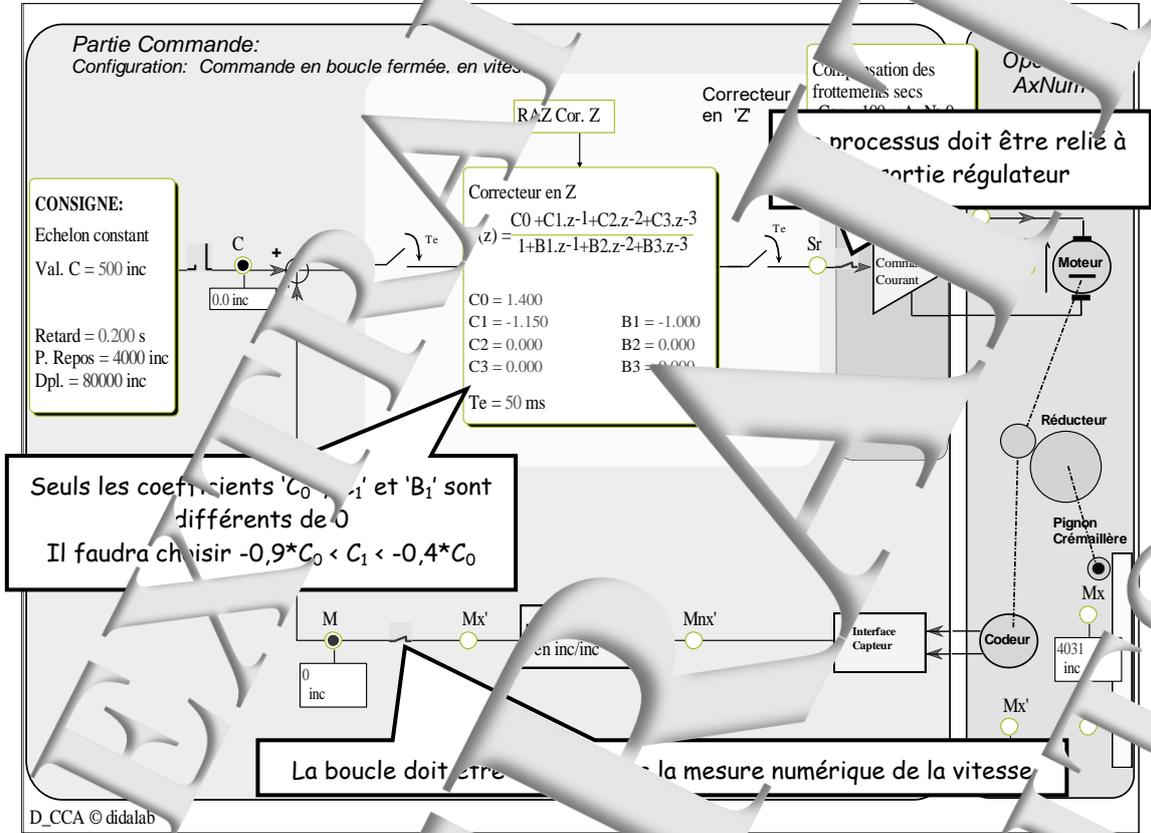
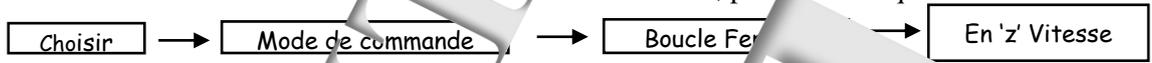
$$\mu_v = \frac{N}{X' \cdot T_{EV}} \text{ en inc/(mm/s)}$$

Avec :  $p=4$  ;  $n_r = 500$  fentes/tr codeur dans le cas de l'axNum  
 $T_{EV} = 5 \text{ ms}$  dans notre cas

$r = 20$  le coefficient réducteur en sortie moteur « SMD »  
 $r = 17$  le coefficient réducteur en sortie moteur « Maxon »  
 $d = 16,8 \text{ mm}$  le diamètre du pignon

## 2.1 Expérimentations sous « D\_AxNum »

- Lancer le logiciel « D\_AxNum » grâce au raccourci
- Choisir le mode de commande "En boucle fermée En 'z' Vitesse", pour cela "cliquer" sur les menus:



### ☞ Réponse à un échelon constant donnant l'allure imposée

- Rechercher, par des essais successifs, la valeur des coefficients  $C_0$  (et  $C_1 = -0,9 * C_0$ ) qui conduisent à une réponse à un échelon présentant un dépassement relatif de l'ordre de 15%.

Remarque : L'amplitude maximale de l'échelon de commande ne doit entraîner la saturation de la sortie du régulateur (Pour que l'essai se fasse dans le domaine proportionnel)

- Vérifier les caractéristiques essentielles de la réponse (Vitesse à l'infini, durée de la réponse ; temps de réponse).

- Faire des sauvegardes de la réponse par 'Fichier' puis 'Enregistrer sous...' puis 'Export xml ...'

#### Remarque

L'exportation dans un fichier au format \*.xml permet un affichage de cette courbe par «D\_Scil» et donc une comparaison ultérieure avec les résultats d'une simulation sous «Lab-Xcos».

- Dédire de la réponse obtenue le coefficient d'amortissement et la pulsation propre, en supposant que le système ainsi corrigé est du deuxième ordre dominant.

## 2.2 Simulation par « Scilab-Xcos » ; Synthèse et Simulation par « D\_Scil »

### ☛ Réponse à un échelon constant

- Partant du schéma-blocs de simulation précédent (en BO et avec modèle d'ordre 2), construire, sous « Scilab-Xcos », le schéma-blocs en boucle fermée avec un correcteur numérique « Zéro + Intégration ».



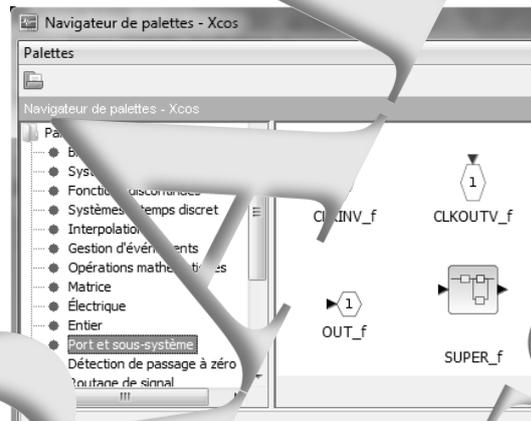
Nom fichier: ERD150-AxNum\_Cde-I\_BF-Vit\_ZL\_Num\_EC.Xcos

Le correcteur synthétisable par « D\_Scil » doit être

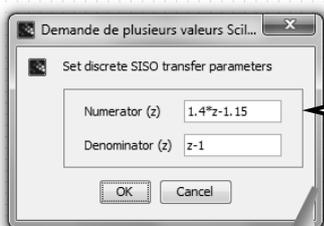
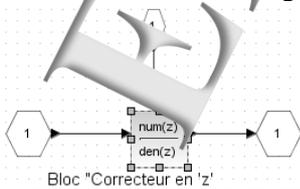
le bloc fonctionnel « SUPER\_f » de l'ensemble 'Port et sous-système' du navigateur de palette.

Remarque :

L'accès au navigateur de palettes se fait sous 'XCos' par 'Affichage' puis 'Navigateur de palettes'



Développement du schéma fonctionnel « Correcteur Zéro + Intégrale numérique »

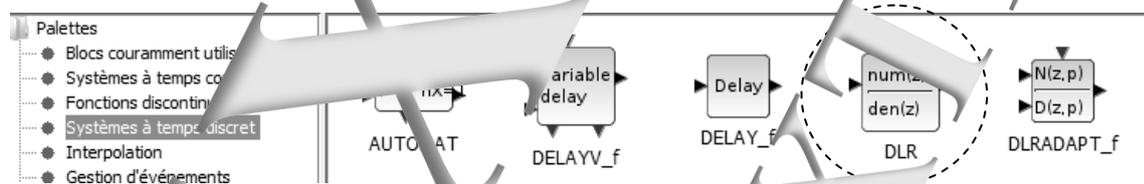


La fonction de transfert du correcteur sera

$$k_{(z)} = \frac{1,4z - 1,15}{z - 1} = \frac{1,4 - 1,15z^1}{1 - z^1}$$

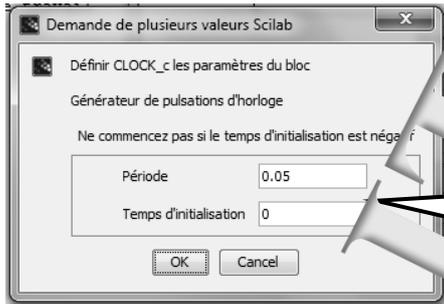
choisit une période d'échantillonnage  $T_e = 10\text{ms} = 0,05\text{s}$

Le bloc fonctionnel permettant de définir une fonction de transfert en 'z' fait partie de l'ensemble 'Système à temps discret' accessible par l'intermédiaire du navigateur de palettes



Une fonction de transfert en 'z' comporte une entrée auxiliaire sur laquelle on applique une source 'Horloge' définissant la période d'échantillonnage. Ce générateur d'horloge (bloc fonctionnel 'Clock') fait partie de l'ensemble 'Sources' accessible par le navigateur de palettes

La définition de la période d'échantillonnage se fait un 'double clic' sur le bloc 'Clock' ou par un 'clic droit' puis 'Paramètres de bloc'.



Dans notre cas la période d'échantillonnage doit être choisie égale à 50mS=0,05s et le temps d'initialisation doit être choisi à 0

- Lancer la simulation par 'Simulation' puis 'Démarrer' ou en cliquant sur le bouton
- Sans fermer la fenêtre où sont tracées les courbes de réponse, passer en mode réel en vue de synthèse et de la comparaison par : 'Outils' puis 'D\_Scil correcteur'.

**!! Il faut préalablement configurer le bloc correcteur !!**



Une boîte de dialogue permet de définir les différentes informations nécessaires à « D\_Scil »

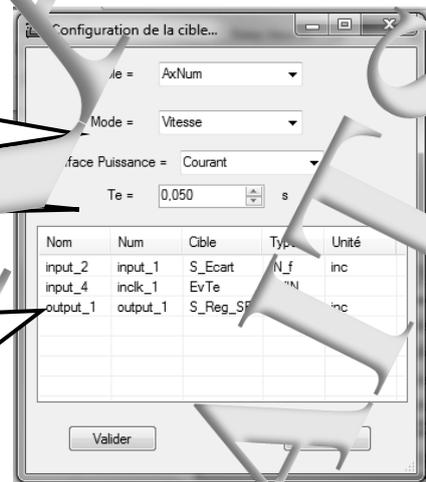
Il faut choisir la cible 'AxNum'  
 Boucle fermée en 'Vitesse'  
 Avec interface de puissance commandée en 'Courant'

---

Il faut choisir la période d'échantillonnage

---

Il faut définir les liens entre les variables du système  
 les variables système'  
 Input\_3 → écart en inc  
 Output\_1 → écart en inc  
 Pour cela 'cliquer' sur le bouton qui aura pour effet d'ouvrir une boîte de dialogue contenant cette



- Une fois l'écran «D\_Scil» ouvert il faut compléter l'enchaînement d'actions ('Génération du source 'c', Compilation, Linkage, chargement ...) par 'Générer' puis 'Construire'.
- S'il n'y a pas affichage d'erreur, valider les différentes étapes jusqu'à ce que l'écran passe dans «D\_AxNum».
- Procéder ensuite comme pour l'essai en boucle ouverte.
  - Montrer que la comparaison entre la réponse réelle et le résultat de simulation est satisfaisante.

**Remarque :**  
**Il faut impérativement configurer D\_Scil avant de retravailler éventuellement sous «Scilab-Xcos».**

**Comportement en régime sinusoïdal**

Reprendre la même démarche pour vérifier le comportement en régime sinusoïdal, à la pulsation propre déterminée précédemment.

On choisira

- une position de repos égale à 4000 inc
- une amplitude du signal sinusoïdal d'excitation égale à 480 inc/s

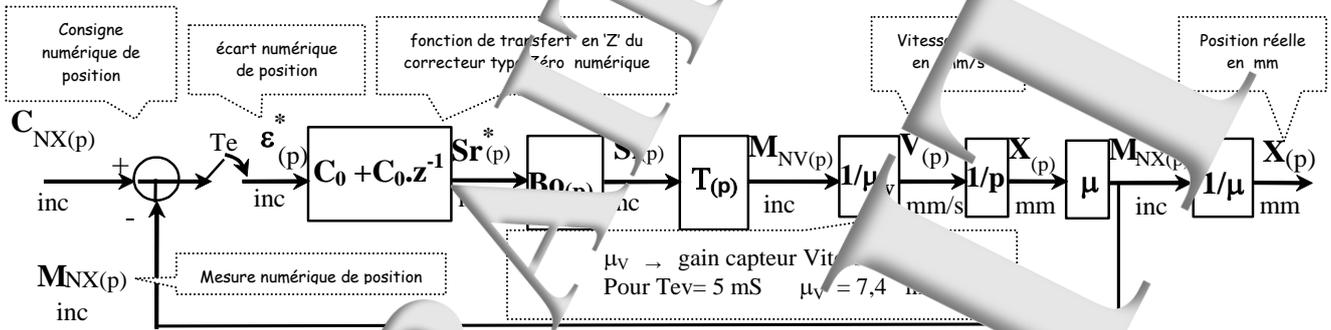


- Modifier le bloc de simulation en changeant le bloc d'excitation :
- Procéder à la simulation, synthèse et comparaison.

### 3. ETUDE EN BOUCLE FERMEE EN MODE POSITION

#### Schéma-blocs avec correcteur à Zéro numérique

Dans ce cas, le schéma-blocs du système peut se mettre sous la forme ci-dessous.



Rappel :

→ Le coefficient de transfert du capteur de position dépend du nombre de fente du codeur incrémental

$$\mu = \frac{M_{nx}}{X} = \frac{\delta \cdot nb}{\pi} \text{ en inc/mm}$$

Avec  $\delta$  = distance entre deux fentes dans le cas de l'axNum  $\delta = 16,8 \text{ mm}$  le diamètre du pignon d'entraînement

Pour la version 1 : moto-réducteur (Maxon)

Pour la version 2 : moto-réducteur (SMH)

$r = 1/33,2$  le coefficient réducteur en sortie moteur

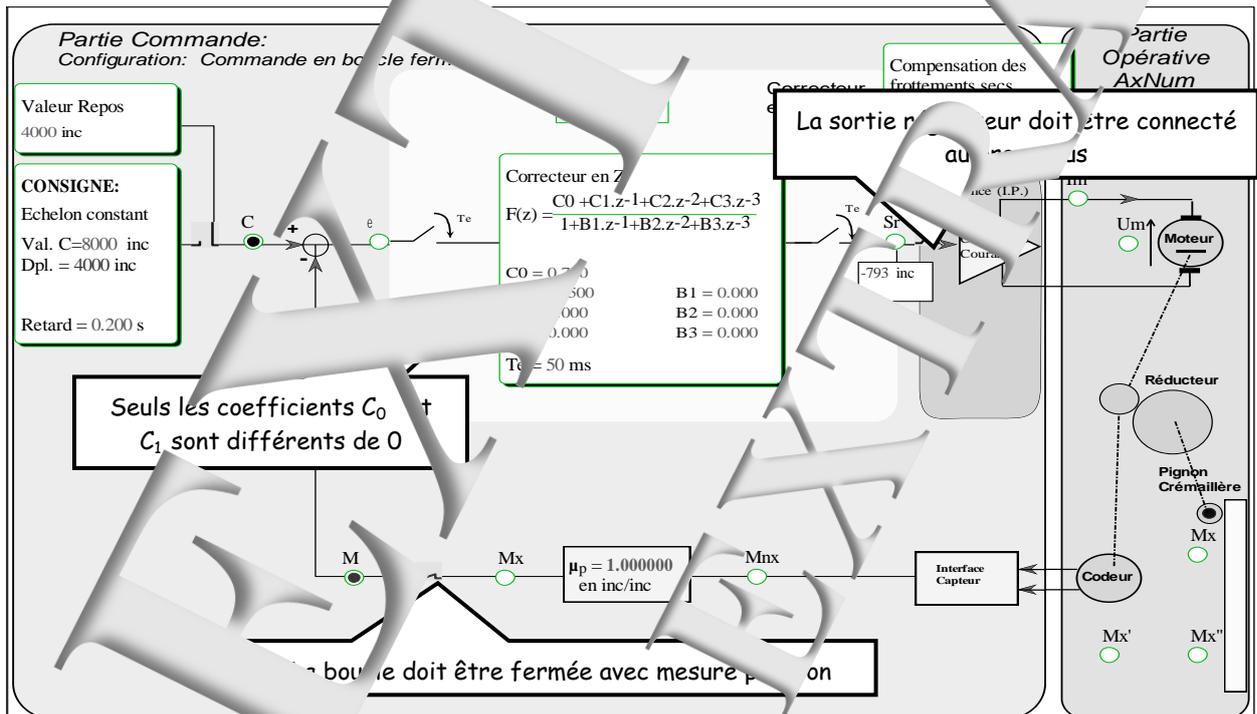
$r = 1/39$  le coefficient réducteur en sortie moteur

$$\mu = \frac{M_{nx}}{X} = 314,56 \text{ inc/mm}$$

$$\mu = \frac{M_{nx}}{X} = 59,654 \text{ inc/mm}$$

#### 3.1 Expérimentations sous « D\_AxNum »

- Lancer le logiciel « D\_AxNum » grâce au raccourci
- Choisir le mode de commande "En boucle fermée en 'z' position", pour cela "cliquer" sur les boutons:



☞ Réponse à un échelon constant

- Rechercher (par tâtonnement) la valeur des coefficients  $C_0$  (et  $C_1 = 0,8 * C_0$ ) qui conduisent à une réponse ayant un dépassement de 15%. On adaptera l'amplitude de l'échelon pour que la sortie du régulateur ne présente pas de saturation. On souhaite rester dans le domaine proportionnel du régulateur).
- Vérifier les caractéristiques essentielles de la réponse (Position à l'infini; allure de la réponse; dépassement relatif; temps de réponse).
- Faire des sauvegardes de la réponse par 'Fichier' puis 'Enregistrer' puis 'Export xml ...'

Remarque :

L'exportation dans un fichier au format 'xml' permet un affichage de cette courbe par 'D\_Scil' et donc une comparaison aisée avec le résultat de simulation mais aussi avec le résultat de synthèse rapide.

- Déduire de la réponse obtenue le coefficient d'amortissement et la pulsation propre, en supposant que le système ainsi corrigé est du deuxième ordre dominant.

### 3.2 Simulation par « Scilab-Xcos » ; Synthèse et comparaison par « D\_Scil »

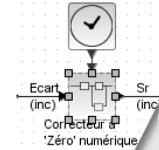
☞ Réponse à un échelon constant

- Construire le schéma-blocs de simulation.
- Procéder ensuite comme pour les simulations/comparaisons.

Il faudra changer la configuration du système cible :

- Lancer la simulation par 'Simulation' puis 'Démarrer' ou en cliquant sur le bouton 
- Sans fermer la fenêtre où sont tracées les courbes de réponse, lancer l'essai du processus réel en vue de synthèse et de comparaison par : 'Outils' puis 'D\_Scil correcteur' car cette dernière a une synthèse (génération de 'c') du bloc correcteur par le logiciel « D\_Scil ».

!! Il faut préalablement sélectionner le bloc correcteur

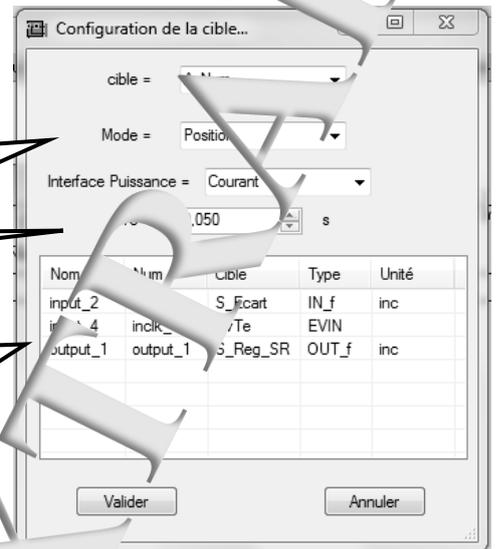


Une boîte de dialogue permet de définir les différentes informations nécessaires à « D\_Scil » :

Il faut choisir le 'AxNum' En mode Boucle en 'Position' Avec interface de puissance en 'Courant'

Il faut choisir la période d'échantillonnage

Il faut définir les liens entre les variables du bloc et les variables 'système' Pour cela cliquer sur les lignes ce qui aura pour effet d'ouvrir une boîte de dialogue permettant



Une fois l'écran «D\_Scil» ouvert il faut commander l'enchaînement d'actions (Génération du source 'c', Compilation, Déchargement ...) par 'Générer' puis 'Construire'.

S'il y a pas affichage d'erreurs, valider les différentes étapes jusqu'à se retrouver dans «D\_AxNum».

- Faire la même chose comme pour les essais précédents.
- Montrer que la comparaison entre la réponse réelle et le résultat de simulation est satisfaisante.

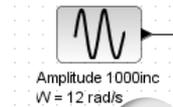
### Comportement en régime sinusoïdal

Reprendre la même démarche pour vérifier le comportement en régime sinusoïdal, à la pulsation propre déterminée précédemment.

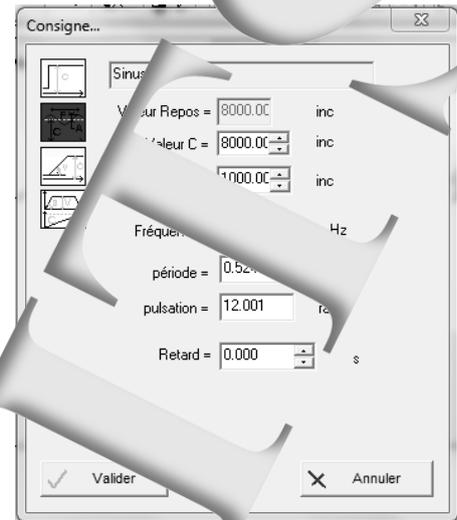
On choisira :

- une position de repos égale à 8000 inc
- une amplitude égale à 1000 inc

- Modifier le schéma-blocs de simulation en changeant le bloc d'excitation :



- Procéder à la simulation, synthèse et comparaison.



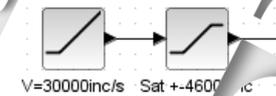
### Comportement en rampe

Reprendre la même démarche pour vérifier le comportement en rampe.

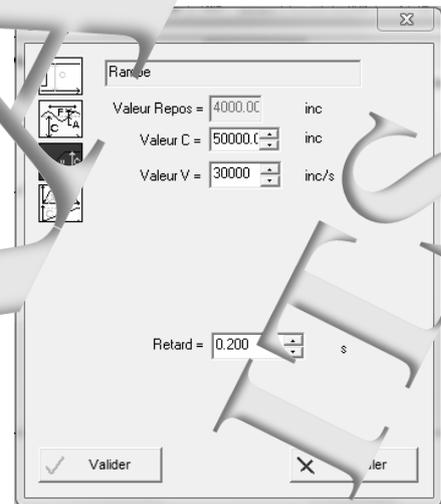
On choisira

- une position de repos égale à 4000 inc
- une valeur V égale à 50000 inc
- une pente égale à 30000 inc/s

- Modifier le schéma-blocs de simulation en changeant le bloc d'excitation :



- Procéder à la simulation, synthèse et comparaison.



EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

EXTRAITS  
EXTRAITS  
EXTRAITS

Date de création: Janv 2021



didalab  
Z.A. de Saint-Pierre  
du Groupe Manoukian  
59100 BLANCOURT  
FRANCE



(33) 1 30 66 08 88  
Lundi au vendredi  
de 9h à 12h30  
et de 14h à 18h



Fax: (33)1 30 66 72 20



[www.didalab.fr](http://www.didalab.fr)  
E-mail: [didalab@didalab.fr](mailto:didalab@didalab.fr)